

FISICA “SPONTANEA”: LE RAPPRESENTAZIONI MENTALI DEGLI STUDENTI DELLA SCUOLA PRIMARIA

Matteo Leone

*Dipartimento di Filosofia e Scienze dell'Educazione
Università di Torino*

Abstract - La ricerca sulle idee spontanee degli studenti ha rappresentato, e rappresenta tuttora, l'oggetto principale e il filo conduttore delle tesi di ricerca in didattica della fisica condotte dal 2012 ad oggi dagli studenti del Corso di Laurea Magistrale in Scienze della Formazione Primaria dell'Università di Torino. In questo intervento si illustreranno alcuni dei risultati emersi, in riferimento alle proprietà dell'aria, al galleggiamento nell'acqua e alla corrente elettrica.

Introduzione

“Se dovessi condensare in un unico principio l'intera psicologia dell'educazione direi che il singolo fattore più importante che influenza l'apprendimento sono le conoscenze che lo studente già possiede. Accertatele e comportatevi in conformità nel vostro insegnamento.” Così, nel 1968, David Ausubel introduceva un suo importante testo di psicologia dell'educazione (Ausubel 1968). Da allora le ricerche sul pensiero spontaneo tra gli studenti dei vari ordini di scuola si sono fatte via via più numerose, andando a coprire i principali settori delle scienze fisiche, e differenziandosi per approccio metodologico (per una breve illustrazione delle principali caratteristiche di tali ricerche si rimanda a Gagliardi & Giordano 2014; sulla transizione da pensiero spontaneo a pensiero scientifico si veda anche Corni, Michelini, Santi & Stefanel 2008).

Solo dagli anni '70 le “conoscenze che lo studente già possiede” sono diventate un settore piuttosto popolare delle ricerche in *science education*. Questo è testimoniato anche dalla varietà terminologica presente da allora nella letteratura specialistica, e in alcuni libri di testo: ricorrono, infatti, termini quali *concezioni*, *idee*, *rappresentazioni*, *ragionamenti*, *schemi*, *frameworks*, accostate spesso a un certo numero di prefissi (quali *pre-*, e *mis-*) e aggettivi (*alternative*, *comuni*, *ingenue*, *spontanee*, *prior*).

Uno dei primi “classici” nello studio di queste conoscenze è il testo antologico del 1985 *Children's ideas in science* (Driver et al 1985), che nella prima pagina del primo capitolo racconta l'episodio seguente.

Due ragazzini di 11 anni, Tim e Ricky, stanno studiando l'allungamento di una molla quando si aggiungono cuscini a sfera in un bicchierino appeso alla molla. Ricky si occupa di aggiungere i cuscini uno alla volta e di misurare la lunghezza della molla dopo ogni aggiunta. Tim lo guarda, e a un tratto lo interrompe: “Aspetta! Cosa succede se li solleviamo?” Tim, allora, sgancia la molla, la alza, e misura nuovamente la sua lunghezza. Soddisfatto che la lunghezza è la stessa, continua l'esperimento. Più tardi, quando gli si chiede il motivo di aver fatto questo, Tim prende due cuscini tenendoli uno più in alto dell'altro, e spiega:

“Questo è più in alto e la gravità lo tira giù più forte quando è più in alto. Più in alto è, maggiore effetto avrà la gravità su di lui, perché se uno stava lì e qualcuno faceva cadere un sassolino su di lui, avrebbe sentito solo una piccola puntura e non si sarebbe fatto male. Ma se lo facevo cadere da un aeroplano avrebbe accelerato sempre di più e quando colpiva qualcuno sulla testa lo ammazzava”.

Driver e collaboratori concludono che l'idea di Tim sull'aumento del peso con il sollevamento dell'oggetto sulla superficie terrestre non è irrazionale, come dimostra il suo argomento (sebbene da un punto di vista scientifico sembra riferirsi all'energia potenziale gravitazionale). La presenza non occasionale dell'idea secondo cui “Oggetti più vicini a terra tirano di meno perché pesano di meno” è evidenziata anche da altre ricerche su bambini di 6-11 anni (cfr. ad es. Aguirre 1978, p. 92).

Così come Tim, molti bambini cominciano lo studio delle scienze, nel loro percorso educativo, essendo già in possesso di un ampio ventaglio di idee e di interpretazioni su fenomeni fisici e naturali. Cosa possiamo dire sulla natura di queste “conoscenze già possedute” dagli studenti?

In primo luogo, queste conoscenze sono di natura *personale*: queste idee “personali” influenzano il modo in cui le informazioni sono acquisite e, pur personali, possono essere condivise da molte persone.

Inoltre, queste idee possono sembrare *incoerenti*: lo stesso bambino può avere idee diverse su un particolare fenomeno, può fare uso di argomenti tra loro diversi che portano a predizioni opposte in situazioni che sono equivalenti dal punto di vista scientifico, oppure può saltare da una spiegazione all'altra. Lo studente non possiede un unico modello unificante per un insieme di fenomeni che sono perfettamente equivalenti per lo scienziato. Inoltre, lo studente spesso non vede la necessità di un punto di vista coerente poiché interpretazioni *ad hoc* di eventi naturali possono sembrare funzionare bene in pratica.

Infine, queste idee sono *stabili*: è esperienza comune quella di non vedere cambiamenti nelle idee degli studenti nonostante i tentativi dell'insegnante di fornire contro-prove. Gli studenti sembrano ignorarle oppure interpretarle in termini delle loro idee precedenti. Le interpretazioni e concezioni degli studenti sono spesso contraddittorie, ma ciò nondimeno sono stabili (Driver et al 1985).

Al di là della loro natura, le idee spontanee degli studenti sono un ostacolo o un'opportunità?

Alcuni autori hanno sottolineato la tenacia di tali concezioni spontanee, vedendo in esse un ostacolo all'apprendimento, da superarsi attraverso un “cambiamento concettuale”.

Altri hanno visto invece una sorta di “continuità” tra pensiero spontaneo e pensiero scientifico, continuità che autorizzerebbe a considerare le pre-conoscenze degli studenti una base indispensabile per l'apprendimento scientifico. In ogni caso, molti ricercatori ormai concordano nel ritenere importante lo studio di tali idee, per vari ordini di motivi (Gagliardi & Giordano 2014).

Ad esempio, lo studio delle rappresentazioni mentali degli studenti è importante per scegliere i concetti da insegnare. Se da un lato, infatti, le Indicazioni Nazionali indicano, tra gli obiettivi di apprendimento, l'individuazione (5° primaria) e l'utilizzazione (3° secondaria di I grado), di alcune grandezze fisiche fondamentali (MIUR 2012), dall'altro lato le ricerche sulle idee spontanee indicano che molti principi sottesi a tali grandezze sono tutt'altro che scontati per gli studenti.

Lo studio di tali idee è inoltre importante per scegliere le esperienze di apprendimento: se le idee degli studenti sono note, è possibile pianificare consapevolmente esperienze che le mettano alla prova, evitando di realizzare esperimenti che invece non sarebbero interpretati dagli studenti come ci attenderemmo.

Infine, una didattica che contempli un'attenzione mirata alla diagnosi di tali idee, è importante per chiarire le finalità delle attività proposte. Nel progettare le situazioni di apprendimento è infatti importante tenere presente che gli studenti potrebbero reinterpretare le intenzioni dell'insegnante nei termini delle loro concezioni

1. Verso una topografia delle rappresentazioni mentali degli studenti nel campo delle scienze fisiche

La ricerca sulle idee spontanee degli studenti ha rappresentato, e rappresenta tuttora, l'oggetto principale e il filo conduttore delle tesi di ricerca in didattica della fisica condotte dal 2012 ad oggi dagli studenti del Corso di Laurea Magistrale in Scienze della Formazione Primaria dell'Università di Torino nei poli di Savigliano e Torino.

Ad oggi, circa 50 tesi di ricerca sono state dedicate alla didattica della fisica a livello di scuola primaria e di scuola dell'infanzia, gran parte delle quali parzialmente o totalmente finalizzate allo studio delle idee spontanee.

Queste tesi hanno lavorato con campioni che complessivamente ammontano a circa 1600 bambini, dal secondo anno della scuola dell'infanzia al 5° anno della scuola primaria, su un ampio spettro di temi, dal concetto di misura a quello di energia, dai fluidi al calore, dall'elettricità alla corrente elettrica, dalla luce all'astronomia (si veda Tab. 1 per una prospezione riassuntiva).

Le metodologie diagnostiche utilizzate sono state ovviamente adattate all'età dei bambini, alla numerosità del campione, e alle specifiche domande di ricerca affrontate dalle singole tesi. Tra le tecniche adottate vi sono i tradizionali metodi carta e matita (domande aperte, test a domande chiuse, two-tiers test), interviste individuali e/o di gruppo, disegni e così via. Talvolta tali tecniche sono state associate alla presentazione concreta di situazioni-stimolo (oggetti, materiali, set-up sperimentali) col fine di studiare l'effetto che l'osservazione diretta ha sulle caratteristiche delle rappresentazioni spontanee.

Nel seguito sono presentati tre esempi nei quali i risultati delle sperimentazioni sono sinteticamente discussi e messi in relazione coi risultati pubblicati in letteratura. Come si vedrà, i primi due esempi sono relativi a ricerche nell'ambito delle rappresentazioni mentali sui fluidi (esistenza dell'aria e galleggiamento nell'acqua) che in larga misura confermano quanto emerso in letteratura. L'ultimo esempio, invece, illustra risultati sperimentali in merito alle rappresentazioni mentali sui circuiti pila-lampadina che paiono, almeno in parte, contraddire alcuni risultati pubblicati.

Classe	# bambini	temi
2° infanzia	8	pre-energia
3° infanzia	101	lunghezza, superficie, aria, galleggiamento, luce, pre-energia
1° primaria	322	tempo, pendolo, aria, suono, luce, magnetismo, cosmo
2° primaria	238	lunghezza, pendolo, aria, luce, visione, cosmo
3° primaria	220	equilibrio, pendolo, aria, energia, luce, visione, cosmo
4° primaria	254	equilibrio, pendolo, fluidi, aria, galleggiamento, luce, visione, elettricità, cosmo
5° primaria	458	equilibrio, peso, dinamica, pendolo, aria, energia, calore e temperatura, luce, visione, corrente elettrica, stagioni, fasi lunari, cosmo
	1601	

Tabella 1 – Numerosità del campione e temi affrontati

2. Un esempio: l'aria

Come è ampiamente noto, quello dell'aria è uno degli ambiti delle scienze fisiche in cui è maggiore la distanza tra il "modello scientifico" di manuali e sussidiari e le rappresentazioni mentali degli studenti (es. Brook & Driver 1989).

Allo stesso tempo è uno degli ambiti nei quali maggiori sono le possibilità di realizzazioni di esperimenti molto convincenti, anche con materiali molto "poveri" (es. Allasia et al 2004; Chavannes 2004; Charpak 2011).

Uno dei primi nodi concettuali che si devono affrontare quando si affronta il tema dell'aria nella didattica delle scienze fisiche è quello della sua stessa esistenza. Tale nodo concettuale ha rappresentato la principale domande di ricerca esaminata da M. Nota (a.a. 2012/13) nella sua tesi di laurea intitolata "L'esistenza dell'aria nella percezione del bambino. Sperimentazione verticale nella scuola dell'infanzia e nella scuola primaria". Il campione oggetto di sperimentazione era formato da 129 studenti di età compresa tra i 5 e i 7 anni, dell'ultimo anno della Scuola dell'infanzia "E. Salgari" e del primo anno della Scuola primaria "Roncalli" di Settimo Torinese.

La struttura della sperimentazione è stata la seguente: una volta presentati semplici materiali, veniva chiesto ai bambini a) di prevedere cosa sarebbe successo in una determinata situazione (ovvero, utilizzando i materiali in un determinato modo);

b) una volta realizzata la situazione proposta, di provare a spiegare quanto accaduto.

Una delle situazioni sperimentali messe in atto ha richiesto la presentazione di un semplice barattolo trasparente dotato di coperchio. Ai bambini, interpellati a gruppo, e una volta catturata la loro attenzione, venivano sottoposte quattro domande stimolo:

- 1) C'è qualcosa dentro il barattolo chiuso?
- 2) Cosa succede se tolgo il coperchio?
- 3) Cosa c'è nel barattolo che ho aperto?
- 4) Cosa succede se rimetto il coperchio?

I colloqui tra i bambini, registrati e successivamente sbobinati, e i disegni da loro realizzati, hanno consentito di mettere in evidenza, a posteriori, un certo numero di classi di risposta, le quali evidenziano come, soprattutto a livello di scuola primaria, la percezione dell'aria sia subordinata allo stato di chiusura o apertura del barattolo (risultato, questo, che conferma quanto emerso in altri studi quali Brook & Driver 1988). L'aria che prima era contenuta in un barattolo chiuso, potrebbe uscire dal barattolo una volta che questo viene aperto, senza che altra aria senta l'esigenza di entrare nel barattolo (cfr. disegno di Sara in Fig. 1). Quasi assente l'idea di scambio gassoso, l'aria appare comportarsi come un gruppo di mosche che, una volta aperto il barattolo, fuggono via senza più rientrarvi e senza che altre "mosche" sentano il desiderio di rientrarvi. Per il bambino, lo stesso barattolo è più probabile che contenga aria prima di essere stato aperto che non dopo essere stato chiuso (cfr. Tab. 2).

SITUAZIONE	Frequenza risposte scuola infanzia (n = 34 bambini)	Frequenza risposte scuola primaria (n = 80 bambini)
BARATTOLO CON COPERCHIO		
- nel barattolo c'è aria	4	41
- nel barattolo non c'è niente	7	26
- risposta fabulata (es. fantasma, insetto invisibile, genio ecc.)	23	13
BARATTOLO SENZA COPERCHIO		
- l'aria rimane nel barattolo	1	4
- il barattolo è vuoto	14	31
- l'aria esce dal barattolo	3	18
- l'aria entra nel barattolo	0	15
- dell'aria esce e dell'aria entra nel barattolo	0	4
- risposta fabulata	16	8
BARATTOLO NUOVAMENTE CHIUSO		
- nel barattolo non c'è più niente perché l'aria è uscita	3	37
- nel barattolo c'è aria nuova (mescolata con quella della stanza)	0	19
- nel barattolo c'è sempre l'aria iniziale	1	3
- il barattolo è sempre vuoto	16	13
- risposta fabulata	14	8

Tabella 2 – Esistenza dell'aria in un barattolo, prima chiuso, poi aperto, poi nuovamente richiuso

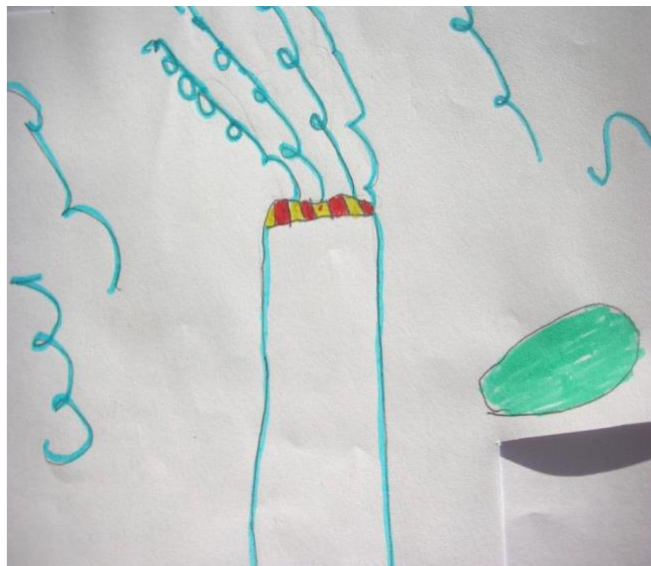


Figura 1 - "L'aria è uscita dal barattolo, è andata in giro e il barattolo è rimasto zero" (Sara, 6 anni)

La sperimentazione in oggetto ha successivamente affrontato un altro importantissimo nodo concettuale, ovvero l'idea che l'aria occupi uno spazio. In questo caso, la situazione problema di fronte alla quale sono stati posti i bambini consisteva del "classico" esperimento della bacinella d'acqua colorata nella quale viene abbassato il barattolo precedente, capovolto e privo di coperchio. I bambini dovevano prevedere se l'acqua sarebbe entrata nel barattolo o meno e, in un secondo momento, spiegare le cause di quello che avrebbero osservato durante l'esperimento. Come è noto l'acqua non entra nel barattolo, se non in minima parte, poiché la maggiore pressione dell'acqua alla profondità a cui si trova l'apertura del barattolo, rispetto alla pressione atmosferica, è equilibrata dall'aumento della pressione dell'aria nel barattolo determinata dall'ingresso di un'irrisoria altezza d'acqua (ad esempio, se l'imboccatura del

barattolo si trova a ca. 10 cm di profondità, la pressione dell'acqua a tale livello sarà ca. l'1% maggiore di quella atmosferica; l'equilibrio sarà raggiunto, quindi, per la legge di Boyle, con l'ingresso di una quantità d'acqua tale da ridurre ca. dell'1% il volume d'aria all'interno del barattolo, corrispondente ad un ingresso di acqua quasi inapprezzabile).

Come si può rilevare dalle frequenze e dalle tipologie di risposta, il 75% dei bambini della scuola dell'infanzia ha ipotizzato che l'acqua sarebbe entrata nel barattolo, mentre il 25% non ha saputo fornire una risposta. Nessuno di loro ha proposto un'ipotesi diversa dall'ingresso dell'acqua. Nel caso dei bambini della scuola primaria, la percentuale di coloro i quali ipotizzano che l'acqua entri continua a essere maggioritaria, nell'evidente convinzione che l'acqua "vinca" sull'aria, sebbene si registri una significativa componente di bambini che prevedono un non ingresso dell'acqua (risultati analoghi sono emersi in Brook & Driver 1988). Ecco alcune delle espressioni utilizzate dai bambini della scuola dell'infanzia per giustificare le loro ipotesi:

- *Non è entrata perché il fantasma ha fermato l'acqua* (Pietro)
- *La cosa invisibile si è messa distesa e ha fatto il tappo perché non voleva che l'acqua entrava in casa sua* (Yassin)
- *Non entra perché tu hai fatto una magia come alla televisione* (Virginia)
- *L'acqua non entra perché c'è il foglio bianco sotto la vaschetta* (Robert)

Ed ecco alcune espressioni dei bambini della scuola primaria:

- *L'acqua non entra nel barattolo perché è in basso* (Etan)
- *L'acqua entra solo in basso* (Diego)
- *L'acqua non entra perché anche se lo giri al contrario l'aria rimane sempre dentro* (Giorgio)
- *L'acqua non entra perché non è elettrica e non può andare su* (Andrea)
- *Se c'è già l'aria non può starci l'acqua perché non c'è spazio* (Simone)
- *L'acqua entra, ma solo un pochino* (Serena)
- *Non entra perché non può salire* (Sara)
- *L'acqua non entra perché c'è l'aria dentro* (Mattia)
- *L'acqua entra tutta nel barattolo* (Alice)

In fase di spiegazione del fenomeno osservato ben il 60% degli studenti della scuola primaria ha affermato che l'aria contenuta nel barattolo non ha permesso all'acqua di entrare (nessuno ha utilizzato il termine pressione). Alcuni di loro hanno ipotizzato che inserendo il barattolo leggermente inclinato nella vaschetta l'acqua sarebbe entrata in quanto l'aria contenuta aveva modo di uscire dal lato non immerso nell'acqua.

SITUAZIONE	Frequenza risposte scuola infanzia (n = 36 bambini)	Frequenza risposte scuola primaria (n = 87 bambini)
BARATTOLO SOTT'ACQUA: PREVISIONE		
- l'acqua non entrerà nel barattolo	0	37
- l'acqua entrerà nel barattolo	27	42
- non risponde / non sa	9	8
BARATTOLO SOTT'ACQUA: OSSERVAZIONE/SPIEGAZIONE		
- l'acqua non entra perché il barattolo è pieno d'aria	0	52
- l'acqua non entra perché l'acqua non può andare in su	0	21
- risposta fabulata	12	3
- non risponde / non sa	24	11

Tabella 3 – Barattolo aperto, capovolto verticalmente e immerso nell'acqua

Un terzo nodo concettuale affrontato dalla sperimentazione è stato quello del peso dell'aria, attraverso il "classico" (ma di interpretazione non banale) esperimento della bilancia a due bracci uguali costituita da una grucciona alle cui estremità

sono appesi due palloncini di gomma, uno gonfio d'aria e l'altro sgonfio. Le risposte dei bambini nella fase di previsione hanno evidenziato a stragrande maggioranza, soprattutto tra i bambini della scuola dell'infanzia, che la bilancia si sarebbe inclinata dal lato del palloncino gonfio. Tra le motivazioni addotte posteriormente all'osservazione abbiamo l'idea di peso dell'aria e quella, importante soprattutto tra i bambini della scuola dell'infanzia, che l'inclinazione della bilancia dal lato del palloncino gonfio sia dovuta al fatto che quest'ultimo "è più grande" (Tab. 4):

- *Il palloncino blu ha più molecole d'aria e allora è più pesante* (Edoardo, 6 anni)

- *La bilancia pende perché il palloncino blu è più grande* (Virginia, 5 anni)

Ritroviamo, quindi, quanto rilevato a suo tempo da Piaget, e successivamente da numerosi altri studi empirici, in merito allo status delle grandezze volume e peso, status ancora poco dissociato tra i bambini più piccoli. E' interessante osservare come alcune delle spiegazioni formulate posteriormente dai bambini della scuola primaria rimandino a un'idea di aria come sostanza priva di peso ovvero come una sostanza "leggera" che, in quanto tale tende a rendere più leggeri i corpi che la contengono; una sostanza, quindi, caratterizzata dalla proprietà "aristotelica" di andare verso l'alto in quanto suo "luogo naturale":

- *Il palloncino blu pesa uguale perché l'aria non pesa* (Alice, 6 anni)

Anche in questo caso risulta confermato descritto in letteratura (Brook & Driver 1988).

SITUAZIONE	Frequenza risposte scuola infanzia (n = 33 bambini)	Frequenza risposte scuola primaria (n = 87 bambini)
BILANCIA CON DUE PALLONCINI SGONFI: PREVISIONE - la bilancia è in equilibrio	33	87
BILANCIA CON UN PALLONCINO GONFIO E UNO SGONFIO: PREVISIONE - la bilancia è inclinata dal lato del palloncino gonfio - la bilancia è inclinata dal lato del palloncino sgonfio - la bilancia rimane in equilibrio	33 0 0	81 4 2
BILANCIA CON DUE PALLONCINI SGONFI: OSSERVAZIONE/SPIEGAZIONE - i palloncini sgonfi hanno lo stesso peso	33	87
BILANCIA CON UN PALLONCINO GONFIO E UNO SGONFIO: OSSERVAZIONE/SPIEGAZIONE - il palloncino gonfio è più pesante di quello sgonfio perché è più grande - il palloncino gonfio è più pesante di quello sgonfio perché dentro c'è l'aria che pesa - il palloncino gonfio è meno pesante di quello sgonfio perché l'aria è leggera - il palloncino gonfio e quello sgonfio hanno lo stesso peso perché l'aria non pesa - non risponde / non sa	14 19 0 0 0	10 71 3 2 1

Tabella 4 – Palloncini gonfi e sgonfi appesi a bilancia a due braccia

3. Un altro esempio: il galleggiamento

Un secondo insieme di sperimentazioni affrontato in diverse tesi di laurea in Scienze della Formazione Primaria, sempre in ambito di fisica dei fluidi, è relativo al galleggiamento dei corpi. Le ricerche pubblicate in letteratura dimostrano che la situazione fisica del galleggiamento risulta problematica sotto diversi punti di vista. In primo luogo vi è infatti un problema di significato. Una sperimentazione molto significativa condotta su un ampio campione di studenti della scuola primaria e della scuola secondaria di primo grado (Biddulph and Osborne 1984) ha infatti fatto emergere la presenza di un'accezione abbastanza radicata della parola "galleggiamento":

- un oggetto galleggia se una significativa porzione di esso è sopra la superficie dell'acqua (esemplificata dalla seguente espressione, usata da uno studente di 13 anni: "*It's floating because is on the surface of water. It's just some parts of the body that are under*") [galleggia perché è sulla superficie dell'acqua. Solo una parte del corpo è sotto]

- se un oggetto è in superficie ma sola una piccola parte emerge, parte dell'oggetto galleggia e parte no (studente di 14 anni: "*Some of it's floating and some isn't. The top part is*" [In parte galleggia e in parte no. La parte sopra galleggia]; 9 anni: "*It's floating and not floating. The top is floating and the bottom's not*" [Galleggia e non galleggia. La cima galleggia, il fondo no])

- se un oggetto è totalmente immerso non galleggia (studente di 10 anni: "*He's under the water*" [E' sott'acqua]; 13 anni: "*That's just totally submerged under the water*" [E' totalmente sommerso sott'acqua])

Il galleggiamento dei corpi è stato oggetto della tesi di ricerca sperimentale, intitolata "Archimede... in classe: approccio storico e didattico laboratoriale sul fenomeno del galleggiamento nella scuola primaria", realizzata da M. Barbero (a.a. 2013/14) su un campione di 22 studenti della classe quarta primaria della scuola Madonna dell'Olmo di Cuneo. La conferma della presenza di un problema di significato di "galleggiamento" è uno dei risultati di questo lavoro. Solo 3 bambini su 21, messi di fronte alla situazione, prima teorica poi sperimentale, di un oggetto che, una volta buttato in acqua, *dopo un po'* si posiziona a pelo dell'acqua, hanno identificato questa come una situazione di galleggiamento. La maggioranza, 10 bambini su 21, ha sostenuto che l'oggetto stesse affondando, mentre i restanti 8 hanno ipotizzato che l'oggetto stesse in parte galleggiando e in parte affondando. Un'analoga situazione, in cui abbiamo oggetti rappresentati a quote diverse sopra e sotto il pelo dell'acqua ha confermato il radicamento dell'idea di galleggiamento come legata alla *porzione emersa* dell'oggetto (Fig. 2). Per la gran parte dei bambini del campione (20 su 22) "affondare" aveva l'accezione di "completamente immerso", mentre solo per una minoranza (2 su 22) "affondare" significava "toccare il fondo".

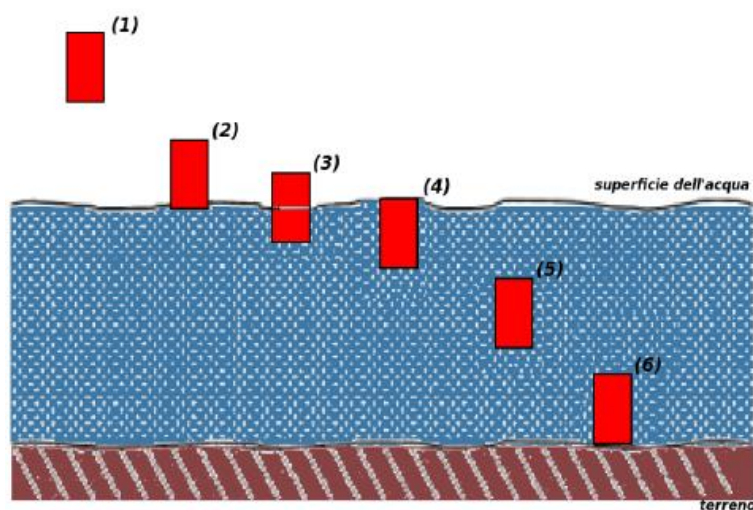


Figura 2 – Posizioni di equilibrio di vari oggetti relativamente alla superficie dell'acqua

La medesima ricerca presso la scuola Madonna dell'Olmo ha inoltre evidenziato altri risultati già emersi in letteratura relativamente alle condizioni che influenzano il galleggiamento. A titolo di esempio, una piramide galleggiante nell'acqua, affonderebbe, una volta capovolta, per 8 bambini su 21. Per 12 bambini su 21, due blocchi che presi singolarmente galleggiano nell'acqua, affondano una volta incollati uno sopra l'altro (naturalmente, come sopra evidenziato, il significato di tale risposta deve essere letto alla luce della particolare accezione di "galleggiamento" data dai bambini). E per 14 bambini su 21 un blocco che galleggiava, smette di farlo una volta forato.

Infine, esiste una categoria di oggetti per i quali la presenza di buchi *favorisce* il galleggiamento. Così come Biddulph & Osborne (1984) rilevavano che per una percentuale significativa di studenti, materiali quali la pietra pomice galleggiano per la presenza di buchi con aria dentro, così in questa sperimentazione alla richiesta "Una cosa sta galleggiando nell'acqua. Quale situazione ti viene subito in mente?", numerosi bambini hanno fatto l'esempio dell'arancia dotata di buccia, argomentando in modo analogo ("*perché la buccia dell'arancia ha dei pori che la fanno galleggiare*").

Un'ultima sperimentazione che qui citiamo in riferimento al galleggiamento, è quella condotta da C. Depetris (a.a. 2014/15) su un piccolo campione di 11 studenti di 5 anni della Scuola dell'Infanzia di Costigliole Saluzzo.

Uno degli obiettivi di tale ricerca è stato quello di individuare le attese dei bambini in merito al galleggiamento di un certo numero di oggetti, quali: molletta di plastica, chiodo, gomma, spugna, barattolo di vetro chiuso, tappo di plastica, graffetta di metallo, tappo di sughero e due candele, una corta e larga e l'altra lunga e stretta. La ricerca ha fatto emergere come proprio quest'ultimo oggetto, la candela, rappresenti uno dei pochi nei quali le attese dei bambini risultano disconfermate (Fig. 3). Pur nei limiti di un campione ridotto, emerge infatti come la gran parte di essi preveda un affondamento delle candele, soprattutto nel caso di quella lunga e stretta. Tale risultato conferma quando rilevato da

Biddulph & Osborne (1984) in merito al previsto affondamento delle candele da parte dei bambini più piccoli e alla dipendenza dell'altezza di galleggiamento dalla lunghezza della candela (nel caso dei bambini che prevedono il galleggiamento della medesima).

L'analisi della frequenza di utilizzo dei termini impiegati dai bambini del campione di Costigliole Saluzzo per spiegare le caratteristiche di un oggetto (leggero, pesante, piccolo, lungo, morbido, grande e sottile) in relazione al suo comportamento previsto una volta messo in acqua (affondamento o galleggiamento), evidenziano come gli aggettivi più frequenti nel prevedere che un oggetto galleggerà sono "pesante" e "grande"; mentre quelli più usati per definire un oggetto che non galleggerà sono "leggero", "pesante" e "piccolo". E' interessante notare come l'aggettivo "pesante" sia utilizzato in entrambi i casi (Fig. 4). Ritroviamo qui, forse, l'idea già riscontrata da Piaget (1930) del "peso" utilizzato per spiegare sia l'affondamento di oggetti ad alta densità sia il galleggiamento di oggetti grandi come le navi.

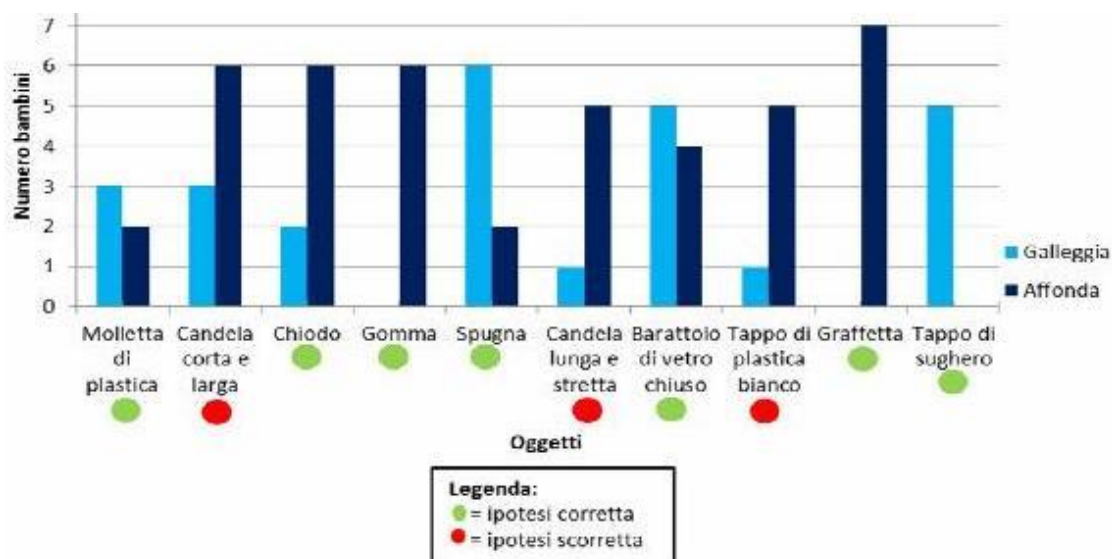


Figura 3 – Attese sul galleggiamento di un certo numero di oggetti

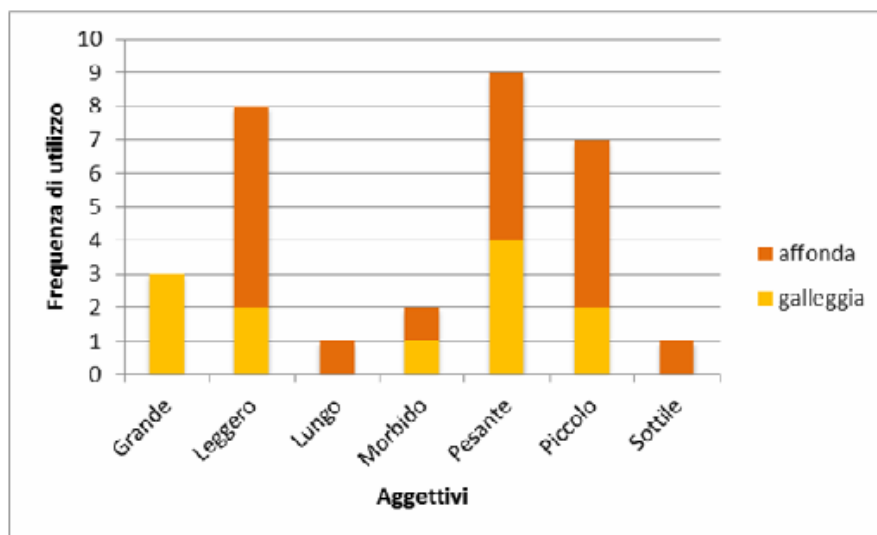


Figura 4 – Frequenza di utilizzo dei termini impiegati per spiegare il galleggiamento/affondamento degli oggetti

4. Un ultimo esempio: la corrente elettrica

Le idee dei bambini (e dei non-più-bambini) sui circuiti elettrici semplici pila-lampadina sono state oggetto, sin dagli anni '70 di numerosi studi pubblicati in letteratura. In uno dei primi studi significativi si fornirono a 8 bambini di 7-12 anni una lampadina, una pila cilindrica e un filo di rame, con la consegna di accendere la lampadina col materiale a disposizione. Trascorso un tempo di 30 minuti si era esaminato cosa ciascun bambino aveva realizzato. Emerse che la

maggioranza (5 bambini su 8) avevano collegato la pila alla lampadina inserendo il filo di rame tra il polo positivo della pila e l'estremo inferiore della lampadina, senza ovviamente riuscire ad accendere quest'ultima. Un bambino aveva appoggiato la lampadina al polo positivo della pila, frapponendo, di taglio, il filo di rame. Durante le sue manipolazioni, un altro bambino era riuscito ad accendere per caso la lampadina, senza essere però in grado di capire come ciò era stato realizzato, e senza poter ripetere il fenomeno. L'ultimo bambino aveva provato a collegare il filo a entrambi i poli della pila ed ad appoggiare la lampadina sopra il filo in corrispondenza del polo positivo, senza ottenere l'accensione della lampadina. Quest'ultima, tuttavia, si accendeva inaspettatamente quando il filo sfuggiva all'incastro, andando a toccare la filettatura della lampadina (Tiberghien & Delacote 1976).

Le sperimentazioni successive, realizzate da numerosi ricercatori, in paesi diversi, e su campioni di studenti di età anche molto diverse tra loro, portavano a identificare svariate rappresentazioni mentali di collegamenti pila-lampadina.

Quattro di queste risultano essere particolarmente ricorrenti: il *modello unipolare*, ovvero il modello a circuito aperto pila-filo-lampadina, già evidenziato dal lavoro di Delacote e Tiberghien; il *modello a correnti che si scontrano*, un modello a circuito chiuso nel quale la corrente fluisce da entrambi i poli della batteria e la luce della lampadina è talvolta spiegata in termini di "scontro" delle due correnti; il *modello del consumo di corrente*, un altro modello a circuito chiuso nel quale c'è meno corrente nel filo che ritorna alla batteria poiché la corrente è consumata dalla lampadina; infine, il *modello "scientifico"*, nel quale la corrente è costante lungo tutto il circuito chiuso.

Numerosi studi hanno cercato di determinare la popolarità relativa di tali modelli al variare dell'età degli studenti. Tra questi, alcuni studi condotti su ampi campioni di studenti, realizzati attraverso test a scelta multipla, hanno evidenziato, nella fascia di età 10-14 anni, popolarità sostanzialmente analoghe dei modelli e correnti che si scontrano, a consumo di corrente e scientifico, e un'incidenza assai ridotta del modello unipolare già a partire dai 10 anni di età (es. Cosgrove et al 1985; Borges & Gilbert 1999). Altre ricerche condotte in diversi contesti culturali, su studenti di diverse fasce d'età, e con strategie diagnostiche diverse, hanno replicato solo in parte tali risultati (per un'analisi comparata si rimanda alla Table 1 in Leone 2014a).

Nel tentativo di studiare l'eventuale ruolo di fattori metodologici dietro queste apparenti variabilità, tra il 2011 e il 2013 è stata condotta una ricerca presso la Scuola Primaria Anna Frank di Torino. Tale ricerca, che nell'a.a. 2012/13 ha visto coinvolta V.E. Saida nell'ambito del proprio lavoro di tesi in Scienze della Formazione Primaria ("Circuiti elettrici e apprendimento: una sperimentazione sui modelli mentali degli studenti nella scuola primaria"), ha lavorato su un campione di 77 studenti di quattro classi 5° di tale scuola primaria (Leone 2014a, 2014b).

Da tale sperimentazione è emerso che, se ai bambini viene chiesto di rappresentare graficamente come devono essere utilizzate una pila "mezza torcia" (C), una lampadina e dei fili di rame per poter accendere la lampadina, si ottengono risultati che, nella stragrande maggioranza indicano una prevalenza del modello unipolare tra bambini di 10 anni (Tab. 5, 2° colonna). Per due esempi significativi di tali rappresentazioni si veda Fig. 5 (risultati assai diversi si ottengono, invece, se ai bambini viene proposto di rappresentare collegamenti coinvolgenti una batteria "piatta" da 4,5 V).

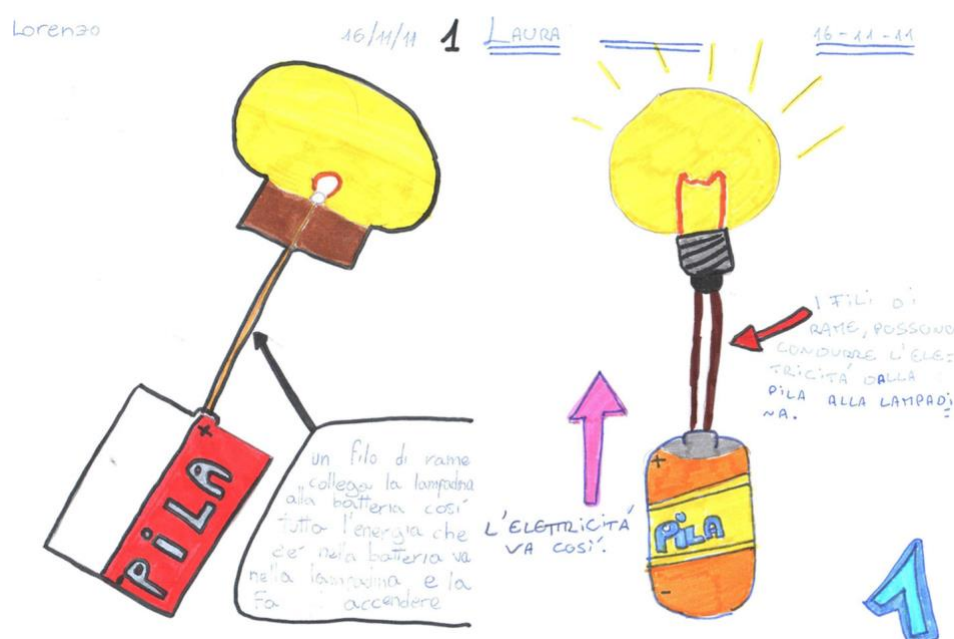


Figura 5 – Esempi di rappresentazioni grafiche evidenzianti un modello unipolare di collegamento pila-lampadina

Poiché tale risultato, pur essendo stato ottenuto anche in alcuni studi condotti in Israele (Azaiza et al 2006; Cepni & Keles 2006), contraddiceva quanto emerso in altre ricerche, nella nostra sperimentazione è stato somministrato ai bambini un item significativo tra quelli utilizzati in uno degli studi verticali che indicavano una sostanziale irrilevanza del modello unipolare tra bambini di 10 anni (Cogrove et al 1985; Kallunki 2009). In tale item venivano mostrate quattro possibili alternative, tra le quali scegliere, relative a un circuito pila lampadina con fili che connettono i due poli della pila alla lampadina:

- a) non c'è corrente nel filo collegato alla base della pila
- b) la corrente elettrica va dalla pila alla lampadina in tutti e due i fili
- c) la corrente esce dal polo positivo e rientra dal polo negativo, e ci sarà meno corrente nel filo di "ritorno"
- d) la corrente esce dal polo positivo e rientra dal polo negativo, e ci sarà la stessa corrente in entrambi i fili

Ciascuna alternativa corrispondeva ai quattro principali modelli di circuito elettrico riscontrati tra gli studenti. Le risposte a questo item confermavano quanto ottenuto da Cosgrove et al 1985, evidenziando una scarsa incidenza del modello unipolare (si veda Tab. 5, 3° colonna). Quale la ragione di una simile differenza tra popolarità del modello unipolare sulla base della metodologia del disegno e quella dell'item a scelta multipla?

Conducendo successivamente un lavoro di gruppo, nel quale i bambini suddivisi a gruppi di 4 componenti dovevano realizzare un "simulacro" in cartoncino della modalità di collegamento pila-lampadina per ottenere l'"accensione virtuale" di quest'ultima, risultava che molti di loro collegavano anche il polo negativo, in contraddizione con quanto rappresentato graficamente. Intervistando i bambini di ogni gruppo, è emerso che la maggioranza di essi riteneva che effettivamente ci fosse corrente elettrica nel filo che connette il polo negativo della pila alla lampadina. Una risposta simile confermava le precedenti risposte dei bambini che, a maggioranza, non avevano scelto la risposta (a) dell'item somministrato ("non c'è corrente nel filo collegato alla base della pila"). Tuttavia, chiedendo ora a quegli stessi bambini se, sconnettendo il filo dal polo negativo, la lampadina sarebbe ancora stata accesa, questi rispondevano affermativamente! Interpellandoli sulla ragione dei collegamenti coinvolgenti il polo negativo, emergeva che connettendo anche il polo negativo alla lampadina, quest'ultima "farebbe più luce"!

In sostanza, la metodologia diagnostica adottata nel test a risposta multipla andava a sotto-stimare l'incidenza del modello unipolare: affermare che occorre collegare entrambi i poli di pila non significa necessariamente che sia acquisito il concetto di circuito chiuso.

Una domanda di ordine più generale rimane aperta: perché questa tenacia del modello unipolare? Sicuramente la semplicità del modello, nonché fattori ambientali rappresentati dagli oggetti che circondano il bambino (es. torce elettriche, telecomandi, luminarie natalizie), hanno un ruolo decisivo. Un'altra pista meritevole di essere seguita potrebbe essere l'ipotesi che il bambino utilizzi le espressioni "corrente elettrica" oppure "elettricità" con un senso più simile a quello di "energia", e che nelle situazioni di collegamento elettrico noi osserviamo in realtà un'intuizione primordiale del concetto di energia.

MODELLO DI CIRCUITO ELETTRICO	Percentuale risposte ottenute attraverso disegni	Percentuale risposte ottenute attraverso item a scelta multipla
- unipolare	76	11
- scontro di corrente	1	55
- consumo di corrente	0	16
- scientifico	0	16
- altro	14	1
- non risponde	8	0

Tabella 5 – Popolarità relativa dei modelli di circuito elettrico ottenuti attraverso disegni e item a scelta multipla (n = 77 studenti)

La sperimentazione in oggetto ha previsto, infine, una sezione dedicata a una possibile funzione della storia della fisica nella didattica (per una rassegna recente sulle ricerche dedicate alle potenzialità didattiche della storia delle scienze si rimanda a Matthews 2014; per un esempio recente di *case-study* relativo alla storia della fisica moderna, potenzialmente utile a fini didattici, si veda Guerra et al 2014). Al fine di verificare l'ipotesi che la storia possa essere vista come una

sorte di “serbatoio” di idee per diagnosticare o anticipare le idee degli studenti, si sono riformulati in chiave didattica due esperimenti classici della storia degli studi sull’elettricità di inizio Ottocento.

A titolo esemplificativo, l’esperimento condotto dal fisico ginevrino Auguste De La Rive nel 1825, era volto a verificare la possibilità di ottenere l’elettrolisi dell’acqua collegando all’acqua il polo positivo di una pila voltaica e il polo negativo di una seconda pila. Nella riformulazione didattica adottata in questa sperimentazione, le due pile venivano collegate a una lampadina secondo la medesima configurazione. Questa attività ha messo in evidenza come molto spesso gli studenti si attendano l’accensione della lampadina, poiché “*le due pile sono come una pila sola*” (Fig. 6). Tale risultato conferma una volta di più la tenacia del modello unipolare poiché suggerisce la presenza di un’idea di polo come *sorgente di elettricità*: un circuito è efficace non tanto in virtù della sua “chiusura” quanto per il consistere nel collegamento di due poli diversi.

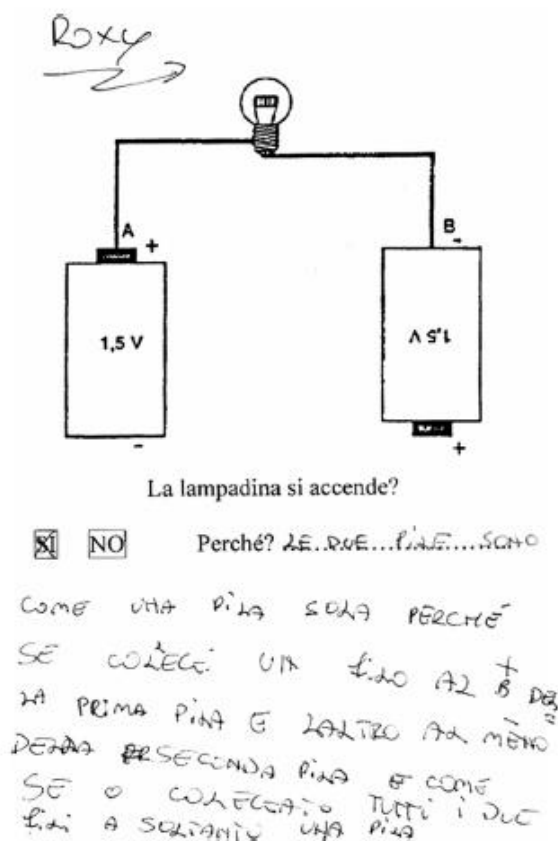


Figura 6 – Scheda ispirata alla riformulazione didattica dell’esperimento di De La Rive (1825)

Conclusioni

Una breve considerazione conclusiva sembra a questo punto necessaria. Gli esempi illustrati hanno come unico scopo quello di fornire qualche dettaglio sulle ricerche in materia di “fisica spontanea” condotte in collaborazione con i laureandi del corso di laurea in Scienze della Formazione Primaria, nella convinzione che un prerequisito cardine dell’apprendimento scientifico sia la consapevolezza, da parte dell’insegnante, di quali sono le conoscenze che lo studente verosimilmente già possiede.

La scelta di puntare la lente su alcuni risultati empirici relativi a casi specifici, piuttosto che sul panorama globale dei risultati ottenuti, ha avuto una doppia motivazione. Da un lato la scelta era obbligata, per la semplice ragione che un panorama globale dei risultati ottenuti ancora non esiste. Troppo vasto, imperfetto e disomogeneo è il materiale raccolto. Troppo arduo il tentativo di pervenire a una sintesi soddisfacente in tempi ragionevoli.

Una seconda motivazione, tuttavia, ha indotto a privilegiare l’esposizione di casi specifici. La speranza era che, così facendo, si potesse meglio trasmettere la bellezza e la complessità di un mondo, quello del pensiero infantile, quando questo si affaccia sul mondo fisico e naturale. Forse l’infanzia non è un paradiso *perduto*, ma un paradiso *da cercare*.

Ringraziamenti

Sono grato a Cristina Sabena per l'invito a tenere una relazione plenaria a DIFIMA 2015.

Il lavoro descritto in questo intervento è stato, ed è, reso possibile grazie alla collaborazione, in veste di co-relatori, di Patrizia Laiolo, Matteo Luca Ruggiero e Davide Tretola, nonché di Daniela Marocchi e Marta Rinaudo, del Dipartimento di Fisica dell'Università di Torino. Un ringraziamento agli studenti laureandi in Scienze della Formazione Primaria che hanno partecipato a queste ricerche, alle maestre delle classi coinvolte e, soprattutto, a tutti i loro bambini. A Daniela Allasia, che fino al 2011 ha seguito le tesi di laurea in didattica della fisica presso il corso di laurea in Scienze della Formazione Primaria, va il mio ringraziamento per tutto l'aiuto e i consigli che ha saputo darmi. Ringrazio anche Sissi Rinaudo per gli utili suggerimenti in materia di didattica della fisica. Un ringraziamento particolare va alla maestra Laura Bassino.

Un affettuoso pensiero, infine, a Paola e Ludovica, per tutto il tempo che sottraggono loro.

Bibliografia

Aguirre, J. (1978). *Children's beliefs about forces in equilibrium*. M.A. Thesis, Univ. British Columbia, June 1978.
https://circle.ubc.ca/bitstream/id/68841/UBC_1978_A8%20A38.pdf

Allasia, D., Montel, V. & Rinaudo, G. (2004). *La fisica per maestri*. Torino: Cortina.

Ausubel, D. P. (1968). *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart & Winston.

Biddulph, F. & Osborne, R. (1984). *Pupils ideas about floating and sinking*. Research in Science Education, 14, 114-24.

Cosgrove, M., Osborne, R., & Carr, M. (1985). Children's intuitive ideas on electric current and the modification of those ideas. In R. Duit, W. Jung, & C. von Rhöneck (Eds.), *Aspects of understanding electricity: Proceedings of an international workshop* (pp. 247–256). IPN: Kiel.

Borges, A. T., & Gilbert, J. K. (1999). *Mental models of electricity*. Int. J. Sci. Educ., 21(1), 95–117.

Brook, A. & Driver, R. (1988). *The development of pupils' understanding of physical characteristics of air across the age range 5-16 years*. Leeds: Children's Learning in Science Project, University of Leeds.

Charpak, G. (2011). *La main à la pâte: Les sciences à l'école primaire*. Paris: Flammarion.

Chavannes, I. (2004). *Lezioni di Marie Curie. La fisica elementare per tutti*. Bari: Dedalo.

Corni, F., Michelini, M., Santi, L. & Stefanel, A. (2009). Un modo di guardare all'educazione scientifica e un approccio di ricerca. In: P. Guidoni, O. Levirini (Eds.), *Approcci e proposte per l'insegnamento-apprendimento della fisica a livello preuniversitario*, 133-142. Udine: Forum. Accessibile a: <http://www.fisica.uniud.it/URDF/articoli/ftp/2008/2008-28.pdf>

Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in science*. Philadelphia: Open University Press.

Gagliardi, M. & Giordano, E. (2014). *Metodi e strumenti per l'insegnamento e apprendimento della fisica*. Napoli: Edises.

Guerra, F., Leone, M. & Robotti, N. (2014). *When energy conservation seems to fail: the prediction of the neutrino*. Science & Education, 23, 1339-59. Versione in accesso aperto disponibile a: <http://hdl.handle.net/2318/131853>

Kallunki, V. (2009). A historical approach to children's physics education: Modelling of DC-circuit phenomena in a small group. Academic Dissertation, Department of Physics, University of Helsinki.
<https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/23197/ahistori.pdf?sequence=2>.

Leone, M. (2014a). *History of physics as a tool to detect the conceptual difficulties experienced by students: the case of simple electric circuits in primary education*. Science & Education, 23, 923-53. Versione in accesso aperto disponibile a: <http://hdl.handle.net/2318/147310>

Leone, M. (2014b). La storia della fisica come strumento per la didattica. In: *Frascati Physics Series. ComunicareFisica 2012*, vol. 4. Frascati: INFN Laboratori Nazionali di Frascati. Versione elettronica del volume:
<http://www.lnf.infn.it/sis/frascatiseries/italiancollection/pre-download.php?fn=Volume4%20FCF2012.pdf>

Matthews, M.R. (Eds.) (2014). *International handbook of research in history, philosophy and science teaching*. Dordrecht: Springer Netherlands.

Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR). (2012). *Indicazioni per il curriculum della scuola dell'infanzia e del primo ciclo di istruzione*. Roma: MIUR.

Piaget, J. (1930). *The child's conception of physical causality*. London: Kegan Paul.

Tiberghien, A., & Delacote, G. (1976). *Manipulations et représentations de circuits électriques simples par des enfants de 7 à 12 ans*. Revue française de pédagogie, 34, 32–44.